植保會刊 17：390—399 (1975)

臺灣亞麻萎凋病之抑病土壤[1]

杜 金 池 程 永 雄 陳 敏[2]

(接受日期 民國64年11月3日)

摘要：調查本省秀水鄉和福興鄉一帶亞麻萎凋病猖獗發生地區 6 處麻田發現 5 處是導病土壤，僅 1 處為抑病土壤。抑病土壤經人工接種亞麻萎凋病菌 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lini*) 大型分生胞子懸浮液或亞麻罹病株莖碎片後栽植亞麻時會發生萎凋病，但發病率不因連作而增加，却反而減少。抑病土壤內萎凋病病原菌體增加速度緩慢，連作亞麻後侵染源密度增加 8%，而導病土壤則增加 23—66%。厚膜胞子在抑病土壤內發芽率最高達44%，發芽管平均長度為 192μm，細菌往往聚集在發芽管和厚膜胞子之周圍而發生溶菌情形。反之，厚膜胞子在導病土壤內發芽率可達 63%，發芽管平均長度大於 250μm，並無細菌聚集發生溶菌情形。抑病土壤是黏土，導病土壤都是坋質黏土。

三種不同處女土經人工接種亞麻萎凋病原菌後，以亞麻罹病率為指示，發現砂岩屬於"導病土壤"，紅泥壤屬於"中間型"或"中等抑病土壤"，而泥板岩最具"抑病"特性。

自民國 57 年以來，本省亞麻栽培地區普遍發生萎凋病（立枯病）。病原菌經鑑定為 *Fusarium oxysporum* (Schl.) Snyd. et Hans. f. sp. *lini* (Bol.) Snyd. et Hans. 發病時期分幼苗和成株兩期。幼苗被害時嫩莖萎凋、腐敗，繼之倒伏枯死。病原菌通常在種子萌芽未出土前即侵入，病苗至 10-12 公分左右生育停頓，自下葉向上漸漸黃化萎凋，病苗呈褐色。亞麻生長中後期被害時，葉片由下往上枯萎，莖和葉均呈赤褐色，檢視被害株根部和接近地面莖部之維管束均呈赤褐色，顯現典型鐮刀菌萎凋病 (Fusarium Wilt) 病狀。發生嚴重時整田亞麻枯死，狀如火燒。農民對生育初期發生萎凋病之麻田往往廢耕後改植其他作物，但對生育中後期之萎凋病却束手無策。據臺灣工礦公司烏日製麻廠對 63/64 年期亞麻之調查資料，全省栽培面積為 4,600 公頃，其中發生萎凋病麻田約 505 公頃，因萎凋病特別猖獗而廢耕者有 120 公頃，情形甚為嚴重。

據筆者等多年之田間觀察，發現發病嚴重地區內常有不發病麻田。無病區和罹病區相隔僅咫尺，區間土壤類似，亞麻品種同為臺中選一號，而無病區常又多年連續栽培亞麻均未發病，此鐮刀菌在土中受制之原因迄未明瞭。據美國加州大學名譽教授 Dr. W. C. Snyder 氏 (1974，私人交談資料) 認為某些土壤導入萎凋病鐮刀菌後會在極短期間內誘發嚴重病害，而某些土壤則否。前者可在極短期間內建立高侵染源密度稱為導病土壤 (Conducive Soil)，後者之病原菌繁衍極慢或無法繁衍稱為抑病土壤 (Suppressive Soil)。介乎兩者之間尚有所謂中間型土壤 (Intermediate Soil)。上述筆

---

1. 臺灣省農業試驗所研究報告第七〇八號。本研究係行政院國家科學委員會專題研究計劃 NSC-64B-0409-08(01)之一部份。

2. 第一作者為臺灣省農業試驗所技正兼植物病理系主任，第二作者為同所臺南棉麻試驗分所技士，第三作者為國立師範大學生物研究所客座副教授。

者等所觀察之無病區和發病區是否即是 Dr. W. C. Snyder 氏所云之抑病土壤和導病土壤，必須加以研究和證明。

目前鐮刀菌萎凋病之防治方法，以採用抗病性品種最爲有效[3]。利用抗病性品種之方法過去雖成果輝煌，但今後繼續利用抗病性品種之選育是否可解決本病害之威脅，甚值憂慮。蓋病原菌生理小種之不斷產生，使原爲抗病性品種變爲感病，致抗病育種工作和病原菌之變異成爲永無休止的競賽，兼以抗病性品種往往並非立即可得，幸而獲得旣抗病又豐產之品種也會因病原菌新生理小種之產生而失却價值。準此，如能利用自然界已存在之導病土壤和抑病土壤，分別栽植抗病而低產量和感病而高產量品種，當可維持某些重要作物之生產。確證本省亞麻萎凋病抑病土壤之存在後，更可利用該抑病土壤進一步研究造成抑病之生物和非生物因子，再將該抑病因子導入導病土壤內增强抑病效果，必能輔助抗病育種工作之不足，使病原菌生理小種不斷產生之困擾緩和而減少該病害之威脅。

筆者等基於上述之構想，乃著手進行亞麻萎凋病抑病土壤之調查和證明。另比較三種處女土對萎凋病菌之親和性，供爲推斷抑病土壤起源之參考。

材 料 及 方 法

一、亞麻萎凋病抑病土壤之發現和證明

亞麻生育中期（播種後1-2個月）自彰化縣萎凋病發生極嚴重之亞麻產區選(1)完全不發生萎凋病麻田、(2)呈熙狀發生萎凋病麻田和(3)嚴重發生萎凋病麻田等三種，分別自亞麻株根群附近採集土壤樣品，並查詢各採土農田之耕作歷史（表1）。

表一、麻田之栽培歷史和亞麻發病情形

Table 1. Cropping history and disease severity of investigated flax fields

採樣土壤代號 Abbreviation of soil sample	栽培歷史 Cropping history	亞麻萎凋病發生情形 Diease severity	地點 Locality
FS-10	亞麻⇄水稻（10年）	無萎凋病	彰化縣秀水鄉頭前村古金安農友
FS-11	亞麻⇄水稻（5年）	無萎凋病，偶有1—2株病株情形極輕微	彰化縣秀水鄉埔崙村蘇實恭農友
FC-11*	同上	發病亞麻呈點狀分佈田間	同上
FS-12	亞麻⇄水稻（3年）	無萎凋病	彰化縣秀水鄉埔崙村
FC-13	亞麻⇄水稻（7年）	萎凋病發生嚴重枯死率 100%	彰化縣福興鄉番婆村林報農友
FS-14	亞麻⇄水稻（4年）偶而輪栽豆類	無萎凋病	彰化縣福興鄉番婆村
FS-15	亞麻⇄水稻3年）	無萎凋病	彰化縣福興鄉番婆村
FC-15**	同上	發病亞麻呈點狀分佈田間	同上

* 和 FS-11 同亞麻田

** 和 FS-15 同亞麻田

從不同農田採得之土壤先分析物理性狀後，分別裝入栽盆並移到網室內，分成4種處理：(1)接種亞麻萎凋病莖碎片，接種量0.5%（依重量計算），接種後土壤維持適當濕度經7日後播種；(2)接種萎凋病菌大型分生胞子懸浮液（0.2%蔗糖溶液），接種量每公克土壤爲2,400個胞子，接種後維持適當

濕度經7日後播種；(3)不接種和(4)土壤經 60°C 蒸汽殺菌1小時。各處理播種亞麻（臺中選一號）後逐日調查罹病幼苗數並將病株檢棄，持續調查二個月。俟亞麻成熟收穫後休閑一星期再播亞麻一次，繼續調查亞麻罹病死亡情形。

上述試驗之自然土壤（處理3）在第一次播種亞麻前和收穫後和人工接種大型分生胞子懸浮液之土壤（處理2）在第一次和第二次收穫亞麻後分別按照 Nash和Snyder[4]之土壤稀釋平板法以PCNB-agar 培養基分離 *Fusarium* 屬眞菌。所得之 *Fusarium* 菌株經馬鈴薯葡萄糖瓊脂培養基（PDA）純化後先鑑定 *F. oxysporum*，再人工接種證明病原性，確定 *F.oxysporum* f. sp. *lini* 之數目。

經上述兩項試驗後選出擬似抑病土壤（FS-10）和擬似導病土壤（FC-11）各一處接種萎凋病菌大型分生胞子懸浮液（0.2% 蔗糖溶液），誘生厚膜胞子。一星期後土壤先風乾搗碎後按 Smith 和 Snyder 等氏[6]方法進行厚膜胞子發芽試驗。取土壤 15g 裝在大型過濾漏斗上之塑膠圓筒（2.5cm 直徑 8.0cm 高）內。土壤略壓緊之。過濾漏斗連接橡皮管，於另一端接連中型漏斗。裝入井水後調節水位使水份能以毛細管原理進入供試土壤並維持含水量（Water-holding Capacity）和田間適宜播種情況相仿 。經48小時後加入天門冬素和葡萄糖各 0.01%，再經過 12 小時後定量取出土壤以 0.1%Cotton blue 染色，加等量無菌水稀釋，塗佈在載玻片上，在顯微鏡下觀察厚膜胞子發芽率和發芽管長度。另增加天門冬素和葡萄糖濃度至 0.5%，觀察胞子發芽之變化。本項試驗在室溫（25±3°C）下進行。

二、數種處女土對亞麻萎凋病傳播情形之觀察

自臺南和彰化地區採得泥板岩、砂岩和紅泥壤等三種處女土。泥板岩採自三處（臺南縣龍崎鄉一處左鎮鄉二處）、砂岩三處（臺南市清風莊一處臺南縣龍崎鄉二處）和紅泥壤一處（彰化縣八卦山）。各種處女土均採自土下 100 公分。土壤携回裝在陶製栽盆後移置網室，分成八種處理後維持適宜播種濕度，經7日後播種亞麻。八種處理爲(1)土壤接種病原菌大型分生胞子懸浮液（2,400 Spores/per g. Soil）後均勻混入玉米粉 10 %（依重量計算）；(2)如(1)但接種倍量分生胞子；(3)如(1)但不加玉米粉；(4)如(2)但不加玉米粉；(5)土壤接種亞麻萎凋病株莖碎片 0.25 %（依重量計算）後均勻混入玉米粉 10%（依重量計算）；(6)如(5)但不加玉米粉；(7)土壤均勻混入玉米粉10%（依重量計算）和(8)土壤未經任何處理等。播種後逐日調查亞麻種子發芽率和罹病株至病害發生情形不再增多爲止。本項試驗各處理均5重複，反覆試驗2次。

結　　果

一、亞麻萎凋病抑病土壤之發現

供試6處麻田經物理性狀分析結果（表2），除 FS-10 土壤樣品屬於黏土外，餘均坋質黏土。其他性狀因土壤樣品不同而互異；如酸鹼度爲 6.4-8.0，有機質爲 3.03-3.84%，含汞量爲 0.17-0.77 ppm，陽離子置換容量爲 10.3-16.3meg/100g soil等。

盆栽試驗結果（表3），FS-10 土壤無論接種病株莖部碎片或大型分生胞子懸浮液，初次栽植亞麻時都會發生萎凋病，發病率分別爲 41 和 14，第二次再播種亞麻時罹病率大幅降低，分別爲 30 和 3，顯示亞麻萎凋病發生率並不因連栽亞麻而增加。FS-11、FS-12、FS-14 和 FS-15 等土壤雖然田間調查時未發現罹病株，盆栽時如土壤未接種病原菌，亞麻仍然不罹病，但收穫後再播種亞麻時發現輕度萎凋病發生。該等土壤接種病株莖碎片後第一次栽植亞麻時，亞麻罹病率分別爲82、76、39、

表二、供試亞麻田土壤之物理性質

Table 2. Some properties of investigated soils

土壤樣品 Soil sample	酸鹼度 pH	有機質 Organic matter (%)	機械組成 Mechanical component (%) 砂粒 Sand	坋粒 Silt	黏粒 Clay	質地 Soil type	汞含量 Hg (ppm)	陽離子置換容量 C.E.C. (meg/100 g soil)
FS-10	7.8	3.76	14.76	39.92	45.32	Clay	0.17	13.8
FC-11	6.4	3.69	8.83	45.06	46.11	Silty clay	0.20	10.3
FC-12	6.8	3.84	8.94	43.87	47.19	Silty clay	0.24	15.8
FC-13	8.0	3.17	9.92	45.45	44.63	Silty clay	0.17	14.6
FS-14	7.7	3.03	14.84	43.92	41.24	Silty clay	0.54	15.1
FC-15	7.7	3.03	9.28	40.20	50.52	Silty clay	0.77	16.3

表三、數種亞麻田土壤經不同方法接種萎凋病菌後栽植亞麻之結果

Table 3. Disease outbreak of flax in various *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini*-infested soils

處理 Treatment	供試土壤 Tested soil FS-10		FS-11		FC-11		FS-12		FC-13		FC-14		FS-15		FC-15	
	1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*2	**
1st crop of flax																
接種亞麻病株莖部碎片	97	41	93	82	87	58	80	76	87	85	70	39	100	59	73	46
接種大型分生胞子	97	14	87	19	100	94	97	17	93	64	93	14	100	13	93	50
未接種	83	0	77	0	100	60	97	0	100	67	83	0	100	0	97	62
經 60°C/60min 殺菌	100	0	97	0	100	0	97	0	100	0	97	0	100	0	93	0
2nd crop of flax																
接種亞麻病株莖部碎片	90	30	73	82	70	71	100	83	90	84	93	75	90	78	100	77
接種大型分生胞子	100	3	73	73	100	90	97	31	100	67	97	38	100	33	100	73
未接種	87	0	77	8	83	78	100	7	100	70	100	3	100	4	97	69
經 60°C/60min 殺菌	100	0	97	0	93	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0

* 種子發芽率(Percent seed germination)

** 麻株罹病率(Percent diseased flax plant)

和59，第二次栽植時發病率分別爲 82、83、75 和 77，接種大型分生胞子懸液後第一次盆時亞麻發病率分別爲 19、17、14 和 13，而第二次盆栽時發病率分別爲 73、31、38 和 33。FC-11、FC-13 和 FC-15等三種土壤無論經人工接種病原菌或未接種病原菌，初次盆栽亞麻時均發生萎凋病，再播亞麻時萎凋病發生情形更爲劇烈，顯示萎凋病之發生程度和亞麻栽培次數成正相關。

盆栽前後各供試土壤內病原菌之密度也互不相同。FS-10土內並未分離到亞麻萎凋病菌，即使人工接種大型分生胞子懸浮液 (2,400 Spores/1g Soil) 後經栽植亞麻一次每公克土壤內亦只得1,200菌體。FS-11、FS-12、FS-14 和 FS-15 等土壤在播種前亞麻萎凋病菌之密度均極低，每公克僅含

300-700 菌體，但經栽植亞麻一次後病原菌密度劇增，每公克土內增爲 1,500-3,300 菌體，約增加 3-8 倍。上述四種土壤如人工接種大型分生胞子並種植亞麻後每公克土內亞麻萎凋病菌菌數增爲 5,500-14,000，顯然這些土壤極適宜本病原菌之生存繁殖。FC-11、FC-13和FC-15 土內均含有極高密度之亞麻萎凋病菌，每公克含有 10,000-50,000菌體，種植亞麻一次後增爲 43,000-65,000菌體，經人工接種大型分生胞子懸浮液後種植一次亞麻結果，每公克土內亦僅有 42,000-68,000 菌體，顯然少量大型分生胞子之接種對土內已建立龐大菌體密度之消長並無影響。

表四、栽植亞麻對土內 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* 消長之影響

Table 4. Population changes of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* in various soils after planting of flax

土壤樣品 Soil sample	每公克土壤內亞麻萎凋病菌菌落數 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* colony number/g. soil			
	亞麻栽植前 Before planting of flax	亞麻收穫後 After harvesting of flax	人工接種2400大型分生胞子至每公克土內並栽植亞麻 Infestation with 2,400 macroconidia/g. soil before planting of flax	
			第一次收穫後 After harvesting of 1st crop flax	第二次收穫後 After harvesting of 2nd crop flax
FS-10	0	0	1,200	1,300
FS-11	300	2,500	8,600	14,300
FC-11	49,500	65,500	68,000	83,000
FS-12	700	3,300	5,500	7,100
FC-13	27,600	43,000	42,000	55,400
FS-14	500	1,500	7,500	9,600
FS-15	700	2,500	14,000	21,000
FC-15	10,500	47,000	52,000	69,100

由上述盆栽和土內萎凋病菌之消長調查觀之，FS-10 土壤具有明顯的抑病特性。

二、抑病土壤和導病土壤內亞麻萎凋病菌厚膜胞子發芽之比較

有抑病特性之 FS-10 土壤和導病性之 FC-11 土壤內亞麻萎凋病菌厚膜胞子之發芽情形並不相同

表五、亞麻萎凋病鐮刀菌厚膜胞子在抑病土壤 (FS-10) 和誘病土壤 (FC-11) 內發芽之情形 (加入不同濃度天門冬素和葡萄糖溶液後12小時觀察)

Table 5. Germination of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* chlamydospore in wilt-suppressive and wilt-conducive soil (12 hr after adding glucose and asparagine)

Soil 土壤	0.01% 營養液濃度 0.01% *nutrient level*		0.05% 營養液濃度 0.05% *nutrient level*		0.10% 營養液濃度 0.10% *nutrient level*		0.50% 營養液濃度 0.50% *nutrient level*	
	發芽率 Germination (%)	發芽管長度 Germ tube length(μm)	發芽率 Germination (%)	發芽管長度 Germ tube length(μm)	發芽率 Germination (%)	發芽管長度 Germ tube length(μm)	發芽率 Germination (%)	發芽管長度 Germ tube length(μm)
FS-10	44	192	38	187	28	106	12	51
FC-11	63	250	55	200	45	108	31	100

(表5)。厚膜胞子在 FC-11 土內比 FS-10 土內發芽率較高發芽管也較長(圖1a)。土壤內營養份(天門冬素和葡萄糖)之濃度對厚膜胞子之發芽影響至大;天門冬素和葡萄糖各 0.01% 時厚膜胞子在 FC-11 土內發芽率可達 63%,發芽管平均長度達 250μm 以上,如天門冬素和葡萄糖濃度增加爲 0.1-0.5% 時發芽率遞降爲 45-31%,發芽管平均長度僅 108-100μm,並有細菌聚集在發芽管周圍而產生溶菌現象(圖1d),溶菌率恒達 60-75%。FS-10 土內天門冬素和葡萄糖濃度爲 0.01% 時發芽率爲 44%,發芽管平均長度爲 192μm,當天門冬素和葡萄糖濃度增加時發芽率和發芽管長度均有遞減趨勢(表5)。在FS-10土內之發芽管大都呈短肥扭曲狀之畸型(圖1c),畸型率高達 32-58%,或細菌聚集在發芽管周圍而有溶菌情形(圖1b),溶菌率恒達 81-93%。偶而(1-3%)亦可發現厚膜胞子未及發芽即被細菌溶解破壞(圖1e)之情形。

三、數種處女土對亞麻萎凋病之傳播情形觀察

砂岩、泥板岩和紅泥壤等三種處女土經接種一定量之亞麻萎凋病菌大型分生胞子懸浮液後播種亞麻,萎凋病發病率砂岩爲 44-55,紅泥壤爲 45-52,泥板岩爲 21-24;如接種罹病株莖碎片時,發病率砂岩爲 76,紅泥壤爲 72,泥板岩爲 45。由上述結果顯示泥板岩最具抑病效果,紅泥壤次之,而砂岩最導病。

土壤內先接種病原菌後混入玉米粉使亞麻種子發芽率降低,但發病率也相對減少(表6)。罹病

表六、各種處女土以不同方法接種 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* 後栽植亞麻之結果

Table 6. Disease outbreak of flax in various *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini*-infested virgin soils

處理 Treatment	調查項目 Items of investigation	處女土壤種類 Kind of virgin soil		
		砂岩[1] Sand stone	泥板岩[1] Shale	紅泥壤[2] Red clay
接種厚膜胞子 2,400 個/1公克土	發芽率(%)	78	79	60
後混入玉米粉 10%	罹病率(%)	44	12	20
接種厚膜胞子 4,800 個/1公克土	發芽率(%)	73	87	53
後混入玉米粉 10%	罹病率(%)	55	20	30
接種厚膜胞子 2,400 個/1公克土	發芽率(%)	97	94	96
	罹病率(%)	44	21	45
接種厚膜胞子 4,800 個/1公克土	發芽率(%)	97	97	94
	罹病率(%)	55	24	52
接種亞麻萎凋病莖 2 公克/800 公克土	發芽率(%)	92	97	85
後混入玉米粉 10%	罹病率(%)	67	27	57
接種亞麻萎凋病莖 2 公克/800 公克土	發芽率(%)	90	90	87
	罹病率(%)	76	45	72
混入玉米粉 10%	發芽率(%)	67	82	66
	罹病率(%)	0	0	0
未處理(對照)	發芽率(%)	90	90	87
	罹病率(%)	0	0	0

1. 砂岩和泥板岩均爲採自三處不同地區土樣之試驗結果平均值。
2. 紅泥壤爲採自一處土樣之試驗結果。

率之減少因土壤種類和接種源之量和質而異；砂岩爲 0-11%，泥板岩爲 15-41%，紅泥壤爲30-55%。土壤加入玉米粉雖可防治萎凋病，但對土壤之抑病或導病特性並無影響。

討 論

鐮刀菌萎凋病是世界性的重要土源病害，尤以熱帶和亞熱帶地區受害更烈，經常引起農作物的嚴重損失和減產。本省目前受害慘重的農作物有香蕉、亞麻、番茄、瓜類和豆類等多種。

田間調查彰化縣秀水鄉和福興鄉六處亞麻田發現有三處 (FS-10、FS12和FS-14) 完全不發病，一處 (FC-13) 發病極嚴重，二處 (FS-11=FC-11 和 FS-15=FC-15) 病害呈點狀分佈。上述病害呈點狀分佈田分別在發病處 (FC-11 和 FC-15) 和尚未發病處 (FS-11 和 FS-15) 採取土壤，連同三處不發病田和一處發病極嚴重田之土壤共8種土壤樣品經裝入栽盆後分成接種病原菌處理和不接種病原菌處理播種亞麻，結果發現各土壤接種病原菌處理初次盆栽亞麻時之發病情形和田間實際調查時完全相同，而接種病原菌之處理 (無論以胞子懸浮液或亞麻病株莖碎片爲接種源) 栽植亞麻後均可發病，但原已發病極重之土壤發病則更嚴重。原未發病土壤 (FS-10, FS-11, FS-12, FS-14 和 FS-15) 第一次栽植亞麻時雖未發病，但再播亞麻後除 FS-10 土壤外均有病害發生 (表3)。由此可知田間調查未發現萎凋病之 FS-11、FS-12、FS-14 和 FS-15 等土壤實因土內亞麻萎凋病菌侵染源密度尚低不足引發病害之故，並非該等土壤具有抑病作用。至於 FS-10 土壤接種病原菌後萎凋病略有發生，再播亞麻時萎凋病減少，加以病原菌在 FS-10土內不易建立和繁殖之事實 (表4)，FS-10 土壤顯有抑病特性。

爲進一步證明 FS-10 土壤是否確係抑病土壤，經比較 FS-10 土壤和 FC-11 土壤內亞麻萎凋病菌厚膜胞子發芽情形之結果，發現 FC-11 土內厚膜胞子發芽率較高且發芽管生長亦正常，而 FS-10 土內則發芽率較低且發芽管粗短畸型並往往附有細菌而發生高達 81-93% 溶菌情形 (圖1)。Smith 和 Snyder[6] 也有類似的報告。據 Dr. S. N. Smith 氏 (1974, 私人通信) 發現在抑病土壤內 *Arthobacter* spp. 特別活躍，常聚附在發芽管周圍引起溶菌，但在導病土壤內則沒有這種情形。雖然筆者等所發現附著在發芽管周圍之細菌是否同爲 *Arthobacter* 尚未鑑定，但 FS-10 土壤爲亞麻萎凋病之抑病土壤，應無疑問。

過去之研究都認爲土壤種類和鐮刀菌萎凋病之發生有密切的關係。Orton 和 Gilbert 等氏[5]發現棉萎凋病在砂土和砂壤土較多。Stover 氏[7]也認爲黏土對香蕉萎凋病 (黃葉病) 有抑病的效果。本研究發現的亞麻萎凋病抑病土壤FS-10經物理性狀分析結果，依美式標準[2]認爲是介乎黏土和坋質黏土之間而偏屬於黏土，其他導病土壤都是坋質黏土。另外比較砂岩、紅泥壤和泥板岩等三種處女土結果也發現泥板岩最具抑病特性，砂岩較導病，而紅泥壤則屬於中間型。因此土壤愈偏於黏質對鐮刀菌萎凋病愈有抑病特性之事實，似可認定。據 Walker 和 Snyder 等氏[8]發現豌豆萎凋病在 "Corrington" 和 "Miami" 坋質壤土之傳播極快，但在 "Colby" 坋質壤土則否。因此同爲坋質壤土但地理分佈不同對萎凋病之抑病效果也不盡相同。同氏等[8]又發現紅壤(Red clay) 在美國是豌豆萎凋病抑病土壤，但筆者等在本省彰化縣八卦山採得之紅泥壤却是中間型的土壤。

依據本研究，亞麻萎凋病抑病土壤和導病土壤之形成和麻田之栽培歷史並無直接關係。蓋本省亞麻爲水田裏作，栽培於第二期作水稻收穫後至第一期作水稻插秧前，故麻田往往數十年僅水稻和亞麻輪作而已。FS-10 土壤經證明爲抑病土壤，但其耕作歷史和其他導病麻田並無差別。Stover[7] 認爲萎凋病之進展是很多因子，包括生物、化學和物理因子綜合影響的結果。故抑病土壤之形成除和土壤

質地有密切關係外，必另有其他因子在內，需吾人繼續研究探討。

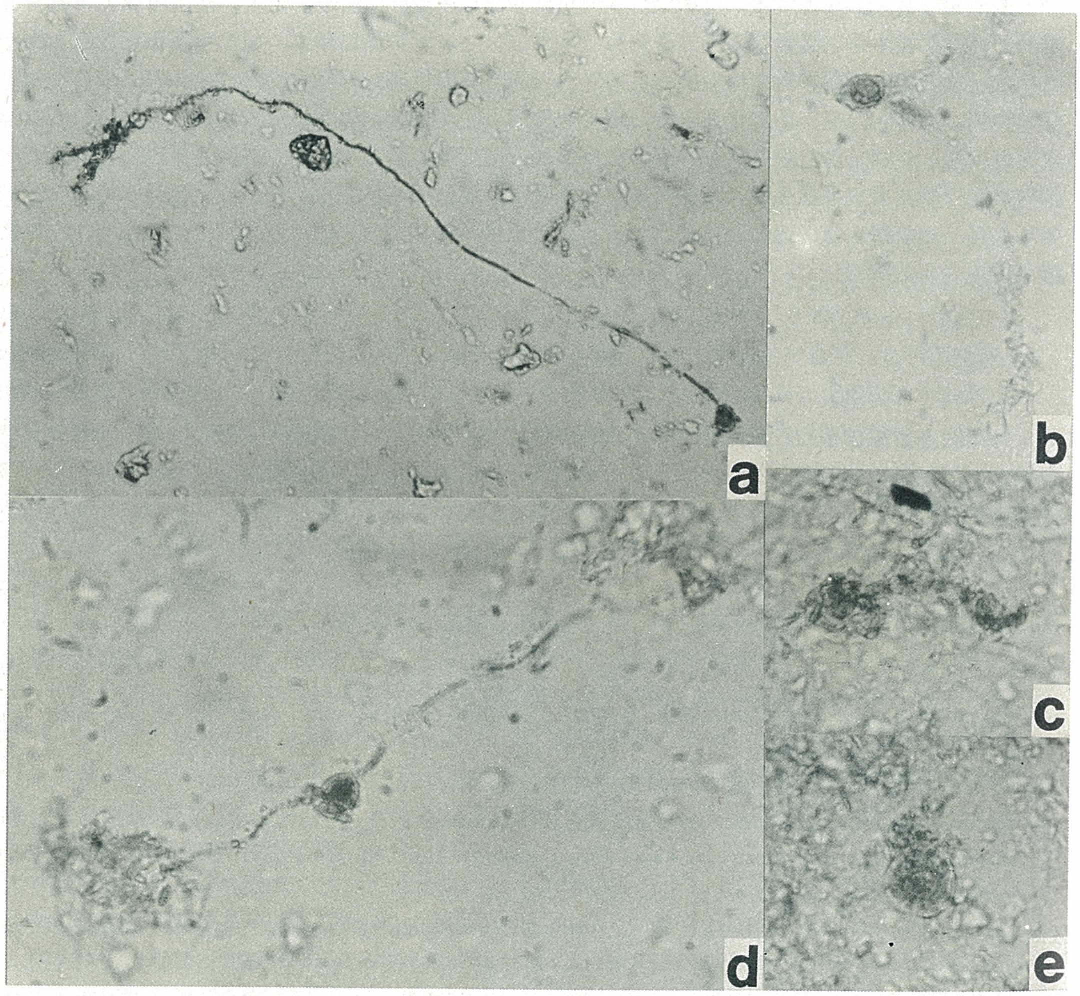
利用有機質加入土內可防治植物病害之實，已久被認定[1]。三種供試處女土，包括砂岩、紅泥壤和泥板岩接種病原菌後是否混入玉米粉對病害之發生有很大影響（表6）。砂岩以罹病株爲接種源並加人玉米粉時有防治病害效果，但如以大型分生胞子懸浮液爲接種源時則無效。按土內加入有機質會誘導土內拮抗微生物之活動乃是其能治病的基本原理之一，尤其是以誘導一些非專屬性拮抗微生物產生抗生，菌內寄生和競爭爲主要手段[1]。砂岩內可能駐在拮抗微生物極少或無，故加入玉米粉後無從發揮作用。惟砂岩以罹病株爲接種源時，因罹病株帶有甚多雜菌，經加入玉米粉後這些雜菌因營養份之充足供應，使拮抗微生物之活動加强，數目增加，而對亞麻萎凋病菌產生拮抗效果。泥板岩和紅泥壤內可能已潛駐有拮抗微生物，因此只要增加其養份，促進這些駐在拮抗微生物之活動和增加數目，並不必導入拮抗微生物即達防治效果。由上述結果筆者等推測抑病土壤之形成和土內是否有駐在拮抗微生物有密切的關係。

誌　謝

本研究進行期間蒙行政院國家科學委員會委員兼生物及醫農科學組組長王世中博士提供寶貴意見；承工礦公司烏日製麻廠研究發展室主任林煥秋先生協助田間調查，農家訪問和土壤樣品之採集；農業試驗所農業化學系技士李蘭帝先生協助土壤物理性狀分析；同所植物病理系技佐張贛發先生協助資料整理；文成更承農復會技正羅宗爵博士校閱斧正，作者等衷心感激，特附此一併申謝。

引 用 文 獻

1. Baker, K. F., and R. J. Cook. 1974. Biological control of plant pathogens. W. H. Freeman and Co. San Francisco. 433p.
2. Griffin, D.M. 1972. Ecology of soil fungi. Syracus Univ. Press. Syracus. 193p.
3. Kommedahl, T., J. J. Christenson, and R.A. Frederiksen. 1970. A half century of research in Minnesota on flax wilt caused by *Fuarium oxysporum*. Univ. of Minn. Agr. Expt. Sta. Tech. Bull. 273. 35p.
4. Nash, S. M., and W. C. Snyder. 1962. Quantitative estimation by plate counts of propagules of the bean root rot *Fusarium* in field soils. Phytopathology 52:567-572.
5. Orton, W. A., and W.W. Gilbert. 1912. The control of cotton wilt and root-knot.U. S.D.A. Bureau of Plant Industry Circular No. 92. 19p.
6. Smith, S. N., and W. C. Snyder. 1972. Germination of *Fusarium oxysporum* chlamydospores in soils favorable and unfavorable to wilt
7. Stover, R. H. 1962. Fusarial wilt (Panama disease) of banana and other *Musa* species. Comm. Mycol. Ins. Phytopath. Paper No. 4. Kew Surrey, England. 117p.
8. Walker, J. C., and W. C. Snyder. 1933. Pea wilt and root rots. Univ. of Wis. Agr. Expt. Sta. Bull. 424. 16p.



圖一、不同土壤和營養下亞麻萎凋病鐮刀菌厚膜胞子之發芽情形

a. 在誘病土壤(FC-11)內厚膜胞子正常發芽情形(0.01% Nutrient Solution 12hr)

b. 在抑病土壤(FS-10)內厚膜胞子發芽管因細菌聚集而溶解情形(0.01%Nutrient Solution 12hr)

c. 在抑病土壤(FS-10)內厚膜胞子發芽管呈粗細不均之畸形(0.01%Nutrient Solution, 12hr)

d. 在誘病土壤(FC-11)內厚膜胞子被細菌溶解破壞情形(0.1% Nutrient Solution, 12hr)

e. 在抑病土壤 (FS-11) 內厚膜胞子未及發芽即被細菌溶解破壞情形 (0.1% Nutrient Solution, 12 hr)

Fig. 1. Germination of chlamydospores of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* in different soils and nutrient conditions

Flax Fusarium Wilt-Suppressive Soil in Taiwan[1]

C. C. Tu, Y. H. Cheng, and M. Chen[2]

Flax has long been recognized as one of the important economic crops and as a main source of fiber and painting oil in Taiwan. Unfortunately this crop has been seriously attacked by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* and largely limited its production. A survey showed in 1974 that 505 out of 4,600 hectars of flax were partially attacked and 120 hectars were completely destroyed by the pathogen.

In the area where the disease was prevalent, occasionally a few flax field was found to be completely free from the disease, while in its vicinity the flax was severely attacked. According to an investigation on soils from both healthy and diseased fields through a pot test by(1) inoculating the soil with *F. oxysporum* f. sp. *lini*,(2)estimating the pathogen prior to and thereafter the experiment, and(3)observing the chlamydospore germination and germ tube length, it is concluded that there are soils with different properties; one is conducive and the other suppressive to the wilt. In the former the disease becomes serious quickly, the pathogen propagules increase repidly, and chlamydospore germinate and normally. In the latter the disease decreases gradually, the pathogen propagules multiply slowly, andchlamydospores are rather difficult to germinate, and even if they germinate the germ tubes are short and always surrounded by bacteria resulting the lysis of germ tubes.

Among various virgin soils tested, a sandy soil (sand stone as parent material) is rather wilt-conducive, whereas a clayey soil (shale as parent material) shows strongly wilt-suppressive. A red clay (parent material unknown) is intermediate or moderately wilt-suppressive. Sandy soil amended with cornmeal could not reduce the disease if macroconidium-suspension was inoculated, but 11% of disease reduction was obtained if diseased flax stem was used instead. The fact might indicate that the sandy soil lacks of antagonistic bacteria and the disease reduction might be by virtue of the bacteria carried from the flax residues. The other two soils, especially red clay, showed 15-55% of disease reduction after the amendment of cornmeal into those of artificially infested with macroconidium-suspension. This result indicates that some resident antagonists have been already in these two virgin soils. These facts convinced us that antagonists might play a significant role in the suppressive soil.

---

1. Research Report of Taiwan Agricultural Research Institute Series No. 708.
2. Senior Plant Pathologist and Head, Department of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute; Plant Pathologist, Tainan Fiber Crops Experiment Station of the same Institute; and Visiting Associate Professor, Institute of Biological Science, National Normal University, Taipei, Taiwan.